

Крэг Хиллман (DFR Solutions)

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОНИКИ

Статья американского инженера посвящена практическим вопросам повышения качества разработки в электронике. Рассмотрены вопросы предотвращения деформации корпусов электронных компонентов, повышения надежности паяных соединений и продления срока службы электролитических конденсаторов.

Надежность разработки играет существенную роль при запуске продукции в производство. Чем проще процесс производства, тем более гибкой будет реакция на меняющиеся стандарты на всех этапах изготовления. В устройствах, в которых используются недорогие элементы и минимизируется влияние термических и электрических перегрузок, снижен риск отказа изделия из-за работы элементов на предельных режимах.

Каковы наиболее распространенные ошибки в области электронных разработок?

Растрескивание под действием деформации

Одна из ошибок кроется в пренебрежении деформацией. Наиболее часто она проявляется, когда печатная плата, расположенная под **керамическим конденсатором**, чрезмерно прогибается. Хрупкий керамический конденсатор в таком случае не может противостоять деформации и трескается. Такое повреждение может произойти во время испытания, при снятии панели, установки или подсоединения разъема или карты, а также при случайном падении или механическом воздействии. Пути решения данной проблемы зависят от финансовых условий, конструкторских ограничений и степени допустимого риска. Например, можно использовать конденсатор с меньшим расстоянием между выводами, если удастся найти такой с аналогичными характеристиками и в меньшем корпусе. В качестве альтернативы порой используется зауженная контактная

площадка, поворот конденсатора на 90°, или его сдвиг на 45-60 мм от места перегиба. Другой подход заключается в использовании чип-конденсатора или конденсатора с гибкими выводами.

Похожие проблемы возникают и с **корпусами BGA** (конструкция корпуса микросхемы с выводами в виде крошечных металлических шариков, расположенных в виде сетки на его нижней поверхности, которые прижимаются к контактными площадкам на печатной плате без применения пайки). Эти безвыводные устройства имеют ограниченную деформируемость, и в случае их размещения рядом с точкой перегиба, например, в месте прижимного соединения, может произойти растрескивание ламината, припоя или печатной платы. BGA-корпуса предоставляют разработчикам еще меньше свободы, чем керамические конденсаторы. Возможные решения заключаются в передвижении корпуса BGA, использовании утолщенной платы или добавлении на плату ребер жесткости. В целом же проблема растрескивания BGA-корпуса становится все более распространенной по мере перехода большинства компаний на жесткие и хрупкие бессвинцовые сплавы олова, серебра и меди SAC305.

Износ соединений

Для повышения надежности разрабатываемого устройства большое внимание следует уделить предотвращению **износа паяных соединений**. Наилучший путь решения — определить прочность еще на этапе конструирования, произведя оценочный расчет на

базе моделей первого или второго порядка, или методом конечных элементов. Также можно провести расширенное испытание на долговечность, используя модели, разработанные Норрисом и Ландцбергом (К.С. Norris, А.Н. Landzberg) в IBM в 1969 году [1]. Однако этап проверки изделия на соответствие техническим условиям в производственном цикле зачастую стоит на последнем месте. Существует несколько причин износа паяных соединений. Некоторые из них очевидны, включая отсутствие надежного моделирования и расширенных испытаний. Помимо этого, тремя наиболее частыми причинами являются слишком близкое расположение источников тепла, избыточное рассеивание мощности и использование переходных колодок и соединителей.

В отдельных случаях источники тепла могут быть достаточно горячими, располагаться довольно близко или сочетать оба этих фактора, вызывая локальное воздействие значительных температур на компоненты. Разработчик, не приняв в расчет эти источники тепла во время моделирования или испытаний, может лишь через несколько месяцев или лет обнаружить, что они вызывают повышенный износ паяных соединений.

Избыточное рассеивание мощности становится проблемой в двух случаях. Во-первых, если разработчик уделяет недостаточно внимания компонентам с высоким показателем рассеивания мощности при расчетах надежности или не проводит испытания этих компонентов, выделяемое тепло может привести к повышенной усталости паяных контактов при высокой температуре или температурных перепадах. Эти проблемы типичны для компонентов, расположенных вне платы, таких как мото-

ры, генераторы или сильноточные шины. Во-вторых, инженер может выбрать не тот компонент или неправильно расшифровать маркировку. Такая ошибка особенно критична для чип-резисторов: например, замена резистора мощностью 0,125 Вт на резистор мощностью 0,25 Вт может значительно повысить температуру и повлечь износ паяных контактов.

JEDEC (Объединенный инженерный совет по электронным устройствам, в настоящий момент JEDEC – Ассоциация твердотельных технологий) – основной разработчик промышленных стандартов испытаний для корпусов компонентов. Благодаря этим стандартам конструкция большинства компонентов достаточно прочна и может использоваться в любых условиях, кроме наиболее неблагоприятных (например, в автомобильных двигателях, аппаратуре космических спутников и т.д.). Таким образом, компоненты, наиболее подверженные износу, – это колодки и соединители. Разработчики зачастую используют эти изделия, чтобы механически или термически присоединить компоненты или печатную плату к корпусу или другим механическим поддерживающим конструкциям. Так же, как в ситуации с внешними источниками тепла, разработчики могут проигнорировать испытания паяных контактов таких соединителей на стадии проверки готового изделия на соответствие техническим условиям. Экономичное решение данной проблемы – поддерживать температуру паяных контактов на уровне ниже 75...80°C, особенно если температура компонентов колеблется во времени. Наилучший подход – использовать расчетные модели отказа для оценки риска еще до завершения разработки.

Электролитические конденсаторы

Хотя разработчики любят электролитические конденсаторы за высокую емкость, они редко применяют их из-за недолговечности. Такое двойное отношение привело к появлению различных методов снижения номинальных значений и предсказания срока службы. Каковы же лучшие пути

решения? Все зависит от того, намерены ли вы снижать напряжение, ток пульсации или температуру.

Снижая **номинальное напряжение**, нужно помнить, что электролитические конденсаторы работают наиболее эффективно, когда к ним прикладывается номинальное значение напряжения. Несмотря на то, что производители электролитических конденсаторов за последние 5 лет значительно улучшили рабочие показатели конденсаторов при низком напряжении, рекомендуется избегать значения менее 25% от номинала. С другой стороны, в процессе разработки к конденсаторам прикладываются напряжения от 150 до 200% больше номинального уровня. К тому же, прикладываемое напряжение оказывает минимальное влияние на долговечность. Благодаря этому рекомендации по снижению номинальных показателей определяют минимальное значение пониженного напряжения на уровне 80...90% от номинала, хотя некоторые производители используют 90...100%.


Как только установлен желаемый срок службы устройства, можно определить диапазон снижения **номинальной температуры**. Принято считать, что срок службы увеличивается в два раза при каждом снижении температуры на 10°C. Конструкторы при этом должны учитывать 3 нюанса. Первый заключается в том, что расчет длительности жизненного цикла относительно консервативен – по крайней мере для зарекомендовавших себя производителей конденсаторов. Поставщики часто определяют жизненный цикл на уровне 1 или 0,1% отказов в противовес более распространенному показателю «средняя наработка на отказ» (MTTF), который может рассчитываться по уровню отказов 63%. Если желаемый срок службы вашего изделия находится между этими крайними точками, то показатель нормальный. Второй нюанс – очень мало областей применения с постоянным уровнем температуры. Пользователи включают и выключают компьютеры, «солнце всходит и заходит», и происходят другие температурные явления. Поэтому

убедитесь, что колебание температуры учтено при расчете срока службы разрабатываемого изделия. И, наконец, любые расчеты не сработают, если присутствует повышенная температура, вызванная находящимся вблизи компонентом, таким как резистор или транзистор MOSFET. По некоторым данным, рост высококонцентрированной локализованной температуры вызывает повреждение быстрее, чем предсказывает промышленная модель. Необходимо держать горячие элементы подальше от электролитов.

Ток пульсации на электролитических конденсаторах – это своеобразный электрический параметр. Разработчики склонны забывать о нем в большинстве расчетов по спецификации. Необходимо помнить, что «эквивалентные» конденсаторы не являются таковыми, если принять в расчет номинал пульсирующего тока. А производители, в свою очередь, могут поднять его уровень. Некоторые компании допускают превышение значения пульсирующего тока до уровня 150...200% от номинального. Это происходит потому, что пульсирующий ток первоначально повышает температуру конденсатора, а изготовители часто определяют срок службы конденсатора при номинальной температуре и номинальном пульсирующем токе. Чем ниже температура, при которой должно работать изделие, тем выше влияние тока пульсации.

Надежность разработки играет решающую роль в первоначальном успехе товара и показателях компании. Необходимо как можно ранее выявить возможные недостатки. Решение потенциальных проблем предотвратит дальнейшие производственные ошибки и дефекты качества.

Литература

1. K.C. Norris and A.H. Landzberg, “Reliability of Controlled Collapse Interconnections,” Journal of Research and Development, pg 266, IBM, May 1969. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: theory.vesti@compel.ru